

提出日：2024年5月28日

共同利用研究の種類：国際共同研究 一般共同研究 設備共同利用 ワークショップ課題名：新奇酸化物磁性体の高圧合成共同研究員氏名：山本孟所属・職名：東北大学多元物質科学研究所・助教分担者氏名：石井貴之分担者所属・職名：岡山大学惑星物質研究所・准教授

## 研究報告・ワークショップ実施報告：

本研究では、10-20 GPa の超高压・高温条件で得られる新規遷移金属酸化物に注目し、新奇な磁気物性や電子軌道状態を発見することを目的とする。超高压条件で得られる物質の結晶構造は、常圧のものとは大きく異なる。高压相構造の特徴として、高い酸素配位数や酸素多面体の菱共有や面共有構造などが挙げられる。これらの特徴を磁性体の観点から注目すると、低次元性や幾何学的フラストレーションといった新奇な磁気物性を生み出す構造の形成につながるため、新奇な磁性体を開拓する対象として超高压合成法で得られる物質は非常に興味深い。

今回は、15 GPa の超高压条件で得られるとされる、イルメナイト型  $\text{CoGeO}_3$  の合成を試みた。擬スピン 1/2 の状態を持つ  $\text{Ir}^{4+}$  や  $\text{Ru}^{3+}$ 、 $\text{Co}^{2+}$  イオンがハニカム格子を作る物質では、量子スピン系の 1 つである Kitaev 模型が実現すると予想されている [1]。しかしながら実際の物質では、他の元素を介した超交換相互作用などが働くため、純粋に Kitaev 相互作用のみが働く物質の実現は難しい。例えばイルメナイト型構造を持つ  $\text{CoTiO}_3$  では、擬スピン 1/2 の  $\text{Co}^{2+}$  がハニカム格子を作るものの、38 K で反強磁性相転移が起こる [2]。 $\text{Ti}^{4+}$  の空の 3d 軌道を介したハニカム格子間の相互作用によって、理想的な Kitaev 模型の描像から逸脱したためと考えられる。3d 軌道が全て埋まった  $\text{Ge}^{4+}$  を  $\text{Ti}^{4+}$  の代わりに入れることで、 $\text{Co}^{2+}$  ハニカム格子間の相互作用が小さくなり、イルメナイト型構造を持つ  $\text{CoGeO}_3$  では理想的な Kitaev 模型に近い系が実現すると予想した。

過去に岡山大旧温泉研で行われた研究 [3] では、スピネル型  $\text{Co}_2\text{GeO}_4$  と  $\text{GeO}_2$  の混合物を 15 GPa, 1000°C で処理することで、イルメナイト型  $\text{CoGeO}_3$  が得られたとされていた。今回は同じ条件・出発物質での合成を 2 回試みたが、イルメナイト型構造を持つ生成物は得られず、原料は未反応のままであった。原因として、加熱が不十分であることが考えられる。今後、合成セルを見直して再挑戦したいと考えている。

[1] H. Liu and G. Khaliullin, Phys. Rev. B 97, 014407 (2018). [2] M. Hoffmann et al., Phys. Rev. B 104, 014429 (2021). [3] E. Ito and Y. Matsui, Phys. Chem. Minel. 4, 265 (1979).